

# Capítulo XII

## Ares condicionados parte II

Por Luis Tossi, John Niemann e Carlos Illuminati \*

Quais as principais diferenças dos sistemas de refrigeração destinados à missão crítica, se compararmos aos sistemas convencionais de refrigeração.

Podemos afirmar e garantir que todos os sistemas de refrigeração, especificamente no nosso caso o ar condicionado, são todos iguais, não importando a sua utilização e nem o ambiente em que serão instalados?

Quaisquer que sejam os ambientes críticos e principalmente as salas de TI requerem ambientes estáveis e precisos para que os seus componentes eletrônicos, sensíveis a grandes variações, funcionem de maneira adequada. De fato, os sistemas padrão de ar condicionado, conhecido como de conforto resultam serem inadequados para as salas de TI, podendo provocar a queda dos sistemas e mesmo falhas nos componentes.

Em contrapartida, os sistemas de ar condicionado de precisão mantêm a temperatura e a umidade dentro de uma faixa muito limitada, oferecendo assim uma estabilidade ambiental de que precisam os equipamentos eletrônicos sensíveis e evitando a ocorrência de tempos de inatividades, causadores de custos elevador e difíceis de mensurar.

### **Definições de ambientes críticos**

Atualmente os requisitos de controle ambiental de precisão transpõem os ambientes de um data center ou

mesmo de uma sala de computação tradicional, mas abrange também uma ampla série de aplicações, as quais, de um modo geral são chamadas de “salas de TI”.

Entre as aplicações típicas das salas de TI, podemos encontrar:

1. Ambientes com uma série de equipamentos médicos (unidades de imagens por ressonância magnética, tomógrafos computadorizados)
2. Salas hospitalares e ou instalações clínicas
3. Laboratórios
4. Centros de impressão / cópia / desenho assistido por computador
5. Salas de servidores, áreas com servidores de alta densidade de calor por m<sup>2</sup>
6. Telecomunicações (salas de comutadores, estações de rádio base, centro de dados remoto, etc.)
7. Ambientes industriais, instalações militares e centros de meteorologia.

### **Necessidade real de ar condicionado de precisão**

O processamento da informação de toda empresa é sem dúvida nenhuma a chave de toda operação bem sucedida e para isso depende da confiabilidade do ambiente de TI.

Os equipamentos de TI produzem uma carga de calor considerável e concentrada pouco habitual em

relação aos ambientes de escritórios ou de trabalho humano. Ao mesmo tempo, esses equipamentos de TI são muito sensíveis às mudanças de temperatura ou umidade.

A mudança na temperatura ou umidade pode provocar diversos problemas, desde pequenas interrupções no ritmo de processamento até a queda total dos sistemas. Situações como estas podem criar enormes custos para a empresa, conforme a duração da interrupção, o valor desse tempo parado e os dados que se perdem.

Os sistemas padrão de ar condicionado de conforto não foram projetados para fazerem frente à concentração de cargas de calor e ao perfil térmico dessas cargas que ocorrem nas salas de TI, nem para garantir os pontos de referência precisos relativos à temperatura e umidade que são solicitados para estas aplicações.

Os sistemas de ar condicionado de precisão são projetados para possibilitar um controle preciso da temperatura e da umidade. Estes sistemas oferecem altos níveis de confiabilidade, funcionando 24 horas por dia, todos os dias do ano. Eles oferecem ainda facilidade de manutenção, redundância e a flexibilidade necessárias para que a sala de TI possa operar ininterruptamente.

### **Condições de projeto**

Manter as condições de temperatura e umidade projetadas resulta fundamentalmente em manter uma sala de TI operando

sem problemas. As condições de projeto deveriam ser de (22 °C - 24 °C) e 35% - 50% de umidade relativa (R.H.). As mudanças repentinas na temperatura e umidade podem ser tão prejudiciais quanto a existência de condições inadequadas no ambiente - tais mudanças podem provocar mal funcionamento do hardware. Esta é uma das razões pelas quais o hardware permanece conectado, até quando não se encontra processando dados.

Os sistemas de ar condicionado de precisão são projetados para manter a temperatura em  $\pm 0,5$  °C e a umidade em  $\pm 3\%$ -5% R.H. 24 horas por dia, 8.760 horas por ano.

Diferentemente destes equipamentos, os sistemas de conforto são projetados para manter uma temperatura de 25°C e 50% de R.H. somente durante épocas de verão 35°C e quando no exterior se registra um nível de 48% de R.H. Em geral, estes sistemas não incluem um controle dedicado da umidade e os controladores simples não podem manter a tolerância do ponto de referência requerida para a temperatura, razão pela qual permitem que se produzam mudanças de temperatura e umidade que podem resultar prejudiciais.

### ***Problemas ocasionados por condições ambientais inadequadas***

Se as condições ambientais da sala de TI não se mantêm adequadamente, as operações de processamento e

armazenamento de dados sofrerão os efeitos. As conseqüências podem variar, desde dados danificados, falhas e até queda de sistemas inteiros.

### **Temperaturas altas e baixas**

A temperatura alta ou baixa, ou mesmo as mudanças repentinas de temperatura podem danificar os dados que estão sendo processados e levar à queda de todo um sistema. As variações de temperatura podem alterar as características físicas e elétricas dos chips e outros componentes eletrônicos das placas, o que ocasiona um funcionamento anormal ou pode produzir falhas. Estes problemas podem ser transitórios ou continuar por vários dias. Mesmo no caso de problemas transitórios, pode ser muito difícil diagnosticar e corrigir.

### **Umidade alta**

Um alto percentual de umidade pode ocasionar danos em fitas e superfícies, contatos de cabeçotes, condensação, corrosão, problemas no manuseio de papel, falhas de placas e componentes.

### **Umidade baixa**

Um baixo percentual de umidade leva consigo um importante aumento das possibilidades de descargas eletrostáticas. Estas descargas podem danificar os dados e o hardware.

## **Diferenças entre sistemas de ar condicionado e de conforto**

### **Fator de calor sensível (SHR)**

Uma carga térmica consta de dois componentes independentes: calor sensível e calor latente. A incorporação ou a extração de calor sensível provocam mudanças na temperatura do bulbo seco. O calor latente se relaciona com o aumento ou a diminuição da umidade contida no ar.

A capacidade total de refrigeração de um condicionador de ar é a soma do calor sensível extraído mais o calor latente extraído.

Capacidade total de refrigeração = calor sensível + calor latente

O Fator de calor sensível é a razão do calor sensível pelo calor total.

### **Refrigeração total**

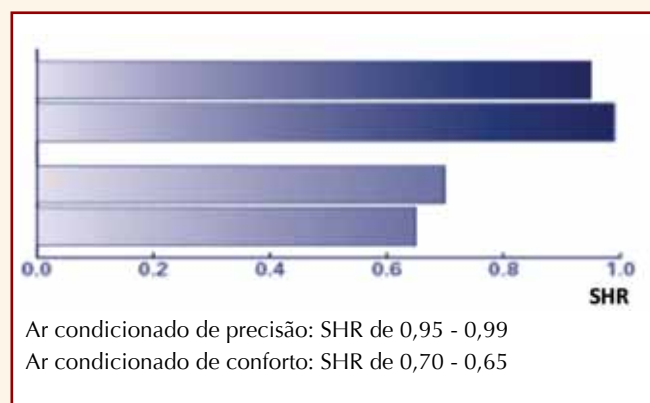
Fator de calor sensível (SHR) =  $\frac{\text{Calor sensível}}{\text{Calor total}}$

Em uma sala de TI, a carga de refrigeração é praticamente composta pelo calor sensível gerado pelas luminárias, o hardware de TI, equipamentos de reserva e os motores. A carga

latente é muito baixa, já que há poucas pessoas, o ingresso de ar exterior também é limitado e costuma haver uma barreira de vapor no ambiente.

O SHR requerido para que um condicionador de ar alcance este perfil térmico é muito alto: entre 0,95 e 0,99. Os sistemas de ar condicionado de precisão são projetados para alcançar esse alto fator de calor sensível.

Pelo contrário, o SHR de um ar condicionado de conforto fica geralmente entre 0,65 e 0,70; por isso, oferece pouca refrigeração sensível e excessiva refrigeração latente. O excesso de refrigeração latente implica a excessiva extração de umidade do ar de maneira constante. Para que possa manter a umidade relativa dentro dos valores desejados, entre 35 e 50%, seria necessária uma umidificação contínua e que, por definição, consome grandes quantidades de energia.



**Figura 1 – Fator de calor sensível (SHR).**

### **Temperatura e umidade precisas**

Os sistemas de ar condicionado de precisão contam com controles sofisticados, de rápido processamento, equipados com microprocessadores necessários para reagir com rapidez diante das mudanças nas condições ambientais e respeitar as tolerâncias precisas que exige um ambiente estável. Os sistemas de precisão costumam incluir diversas etapas de refrigeração e aquecimento, um umidificador e um ciclo de desumidificação dedicado; por isso, podem cumprir qualquer requisito de controle de temperatura e umidade.

Em geral, o ar condicionado de conforto tem controles básicos, limitados e que normalmente não reagem com a rapidez indispensável para atuarem dentro da tolerância necessária. Estes sistemas não costumam incluir aquecimento nem os ciclos de umidificação / desumidificação necessários para ambientes de TI e manter sua estabilidade. Os componentes, no caso de incluídos, costumam ser “acessórios” e não fazem parte integral do sistema

### **Qualidade do ar**

Os sistemas de ar condicionado de precisão funcionam a uma alta taxa de circulação de ar por unidade de calor extraída, em geral, 160 pés cúbicos por minuto (271 m<sup>3</sup>/h) ou 76 litros por

segundo, por cada kW ou valor superior.

Esta alta taxa volumétrica movimenta maior quantidade de ar pelo local, e assim melhora a distribuição do ar, reduzindo a possibilidade de geração de pontos de calor localizados. Como os equipamentos de TI necessitam de certa quantidade de fornecimento de ar frio na tomada do sistema, é importante que haja relação de kW consumido no processamento de dados em relação à quantidade de ar por kW de calor gerado.

De forma contrária, o equipamento tomará parte do ar de outras áreas da sala, o que com frequência deriva em temperaturas de entrada perigosamente altas. Devido à alta taxa de circulação de ar por kW que os equipamentos de ar condicionado de precisão têm, também é possível fazer circular mais ar pelos filtros para assim obter um ambiente mais limpo. Estes equipamentos costumam usar uma bateria de filtros plissados de alta e média eficiência para reduzir ao mínimo a presença de partículas suspensas no ar.

O ar condicionado de conforto funciona com uma circulação muito inferior, entre 85 e 115 pés cúbicos por minuto (144-195 m<sup>3</sup>/h) por cada kW ou 40-54 litros por segundo / kW. Uma baixa taxa de circulação pode se traduzir numa distribuição de ar ineficiente e maior quantidade de contaminantes suspensos no ar. Os filtros dos equipamentos de conforto costumam ser de baixa eficiência o que dessa maneira não extraem eficientemente as partículas suspensas no ar.

#### Horas de funcionamento

Os sistemas de ar condicionado de precisão são projetados e construídos para funcionarem 8760 horas por ano, ininterruptamente. E com isso assegurarem um tempo mínimo de inatividade, graças a componentes selecionados e a um sistema de redundância incorporado. Os controles dos equipamentos de precisão mantêm constante o ambiente crítico da sala independentemente das condições externas.

O ar condicionado de conforto é projetado para funcionar apenas em épocas de verão, em média 1200 horas por ano. Os sistemas não são projetados para um funcionamento contínuo ou ininterrupto durante o ano. Nem os controles e nem os sistemas são projetados para oferecerem um tempo de inatividade zero.

#### Critérios de projeto

##### Densidade de carga

Devido à alta taxa de concentração de equipamentos, a densidade de carga numa sala de TI pode alcançar níveis muitas vezes superiores aos de um escritório típico. Os sistemas de ar condicionado devem ser projetados para gerenciar esta alta densidade de carga.

A capacidade sensível do equipamento e a distribuição de ar são de grande importância.

Densidade de carga

Escritórios: até 170 watts/m<sup>2</sup>)

Sala de TI: 500 – 2000 watts/m<sup>2</sup>)

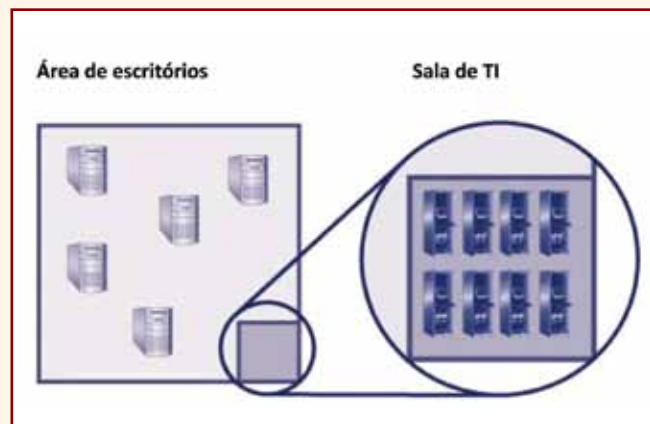


Figura 2 – Densidade de carga.

#### Temperatura e umidade

As condições alvo de projeto deveriam ser de 22-24°C e 35-50% de umidade relativa (R.H.).

#### Quantidade de ar

A alta taxa de vazão de ar que caracteriza os sistemas de precisão contribui para oferecer um alto fator de calor sensível, melhorar a distribuição de ar e aumentar as taxas de filtração. A alta taxa de vazão de ar não provoca desconforto nas pessoas, já que o ar é distribuído por debaixo do piso elevado, subindo através dos equipamentos e se distribuindo para toda a sala.

#### Pureza do ar

Sem a presença de filtros, a poeira suspensa no ar pode danificar os equipamentos. Para conseguir um nível de eficiência entre médio e alto, os filtros devem ser do tipo plissados. Também é importante o tamanho dos filtros; para que o filtro seja eficaz, deve operar a baixas velocidades e devem ser trocados periodicamente.

#### Barreira contra o vapor

Como praticamente todos os materiais de construção são permeáveis à umidade, uma sala de TI bem projetada deve incluir uma barreira contra o vapor. Sem ela, a sala de TI perderá umidade no inverno e a absorverá no verão. Isto dificulta o controle do ponto de referência da umidade e aumenta o tempo de funcionamento dos compressores e umidificadores que consomem muita energia.

Para criar uma barreira eficaz contra o vapor, deve o teto ser selado com um filme de polietileno, as paredes de alvenaria devem estar cobertas com uma tinta de base plástica ou borracha, as portas devem fechar hermeticamente, e todas as entradas de cabos e tubulações devem estar seladas.

#### Requisitos do ar proveniente do exterior

As salas de TI tendem a estar escassamente povoadas e não requerem muito ar do exterior. A entrada de ar do exterior deve ser reduzida ao mínimo possível para limitar a entrada de carga

latente na sala. Salvo uma circulação mínima para cumprir com os critérios de saúde e sobre a qualidade de ar em espaços fechados (IAQ).

### Redundância

A redundância se consegue mediante o funcionamento de equipamentos adicionais que forneçam 100% da capacidade de refrigeração requerida, mesmo depois da parada de uma unidade. O custo da redundância deve ser avaliado em comparação com os custos calculados provocados pelo tempo de inatividade da sala de TI e seu retorno na operação.



Figura 3 – Redundância.

É necessário considerar a diferença entre redundância e excesso de capacidade. Uma carga de 70 kW com três sistemas de 52 kW ou quatro sistemas de 35 kW fornece redundância. Para que os equipamentos de reserva sejam considerados redundantes, devem funcionar de maneira alternada e contar com uma interface de controles que ofereça um início de atividade automático.

### Segurança

A segurança dos sistemas de refrigeração é tão importante quanto a do hardware da sala de TI, já que o hardware não pode funcionar sem refrigeração. Nas unidades interiores, quando colocadas dentro da sala de TI ou sala técnica, devem ser aplicadas as mesmas restrições de acesso que ao hardware. Os equipamentos de rejeição de calor instalados no exterior devem estar localizados sobre a cobertura ou outra área segura dentro da instalação.

### Fatores para a seleção de sistemas

#### Cálculo da carga

Nas salas de TI, as luminárias, o hardware, as pessoas, o ar exterior, as cargas de transmissão, insolação e os equipamentos de suporte (PDU, no-break, etc.) produzem calor.

Todos esses dados deverão ser levantados durante o projeto da sala, com a nova tecnologia e os novos equipamentos de TI e servidores de alta dissipação de calor. Deve-se destinar uma área específica para os mesmos e tratar a área restante com



Figura 4 – Sistema de refrigeração a ar.

sendo uma densidade média pela unidade de área, ou seja, kW/m<sup>2</sup> numa primeira estimativa.

### Sistemas unitários

- Refrigeração a ar

#### Configuração do sistema

- O sistema de ar condicionado é composto por uma unidade interna (evaporador) e uma unidade externa (condensadora) que rejeita o calor através do ar externo.
- Os compressores podem ser colocados nos equipamentos interiores ou exteriores. Por razões de segurança e manutenção, costumam estar na unidade interior.
- As tubulações para condução do gás refrigerante (duas linhas uma que sai do compressor, chamada de linha de gás quente e outra que retorna ao compressor, chamada linha de sucção ou de líquido) interconectam as duas unidades do sistema.
- O projeto das tubulações para refrigeração é de extrema importância. Devem ser analisadas as perdas de pressão, as velocidades do refrigerante, o retorno de óleo ao compressor e possíveis sifões.

- Refrigeração por água

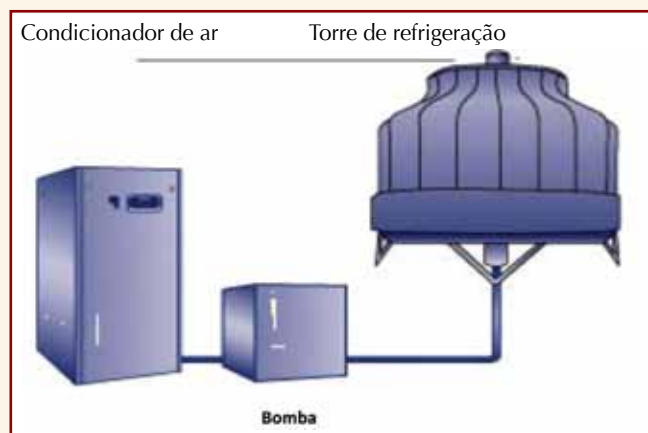


Figura 5 – Sistema de refrigeração por água.

### Configuração do sistema

- A unidade interna é um sistema de refrigeração completo e autônomo.
- O calor é rejeitado na torre de resfriamento através da água e do ar, esse calor é absorvido do ambiente e é eliminado pelo refrigerante mediante um intercambiador de calor que se encontra na unidade evaporadora interior. A água para refrigerar costuma ser bombeada para a torre de resfriamento e volta a circular.
- Em climas frios e temperados, a torre de resfriamento deve ser preparada para operar nas condições de inverno.
- A torre deve estar projetada com redundância ou se necessário dispor de um fornecimento de água de reserva, para casos de emergência.
- Ao utilizar torres de refrigeração, é preciso que haja o tratamento da água.
- O projeto das tubulações de água é muito menos crítico e mais fácil de instalar que as tubulações para refrigeração.
- O sistema de refrigeração sai de fábrica carregado e provado.

#### • Refrigeração com glicol



Figura 6 – Sistema de refrigeração com glicol.

### Configuração do sistema

- A unidade interior é similar a do sistema de refrigeração a água.
- Em lugar de água, se faz circular uma solução de glicol, e a rejeição do calor se produz em um líquido exterior em direção ao intercambiador de calor de ar ou "torre seca".
- As torres secas precisam de menos manutenção que as torres de refrigeração.
- Oferece excelentes oportunidades para aplicações com recuperação de calor.
- Os sistemas com um alto fator de eficiência energética (EER) são os menos onerosos com relação aos três tipos de unidades.

- Glicol e aproveitamento da temperatura exterior (free cooling)

#### Configuração do sistema

- O produto é idêntico ao de refrigeração por glicol, mas também conta com uma serpentina adicional que aproveita a baixa temperatura exterior, com uma imediata economia de energia.
- Ao diminuir a temperatura exterior, a solução de glicol fria circula através da serpentina complementar e é possível refrigerar sem que funcionem os compressores.
- Quando as condições climáticas são as adequadas, oferece uma excelente diminuição dos custos operacionais.
- A serpentina adicional implica mais cavalos de força no motor dos impelentes.
- Para uma maior economia de custos, procure sistemas com serpentinas de aproveitamento mais extensas. As serpentinas de aproveitamento da temperatura exterior devem ser instaladas antes da serpentina de expansão direta (DX) e assim será possível obter uma capacidade assistida quando a temperatura ambiente for temperada.

- Serpentina complementar de água gelada

#### Configuração do sistema

- Num sistema de expansão direta DX, é possível incluir uma serpentina de água gelada que proporcione uma redundância total em uma única unidade.
- A unidade pode funcionar como sistema de refrigeração por água gelada com apoio de um sistema de expansão direta DX modular total para os casos de emergência.
- Ou vice-versa podendo atuar como sistema de expansão direta DX e com apoio de uma unidade central de água gelada, se for preciso em uma emergência.
- A unidade pode utilizar água gelada quando contar com este fornecimento. Por exemplo, se a função principal do refrigerador é oferecer apoio a um processo de manufatura numa fábrica ou assistir a sistemas de conforto no verão, é possível mudar para o sistema DX quando a água refrigerada estiver sendo utilizada com essa finalidade.

- Refrigeração por água gelada ( fan coil )

Condicionador de ar                      Resfriador de água central

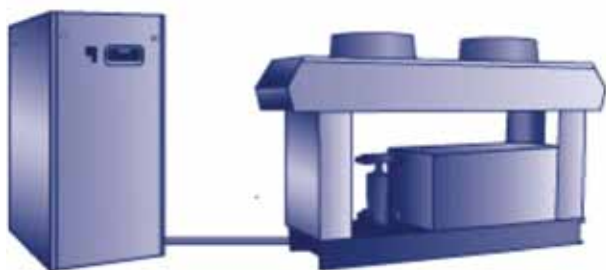


Figura 7 – Sistema de refrigeração por água refrigerada.

#### Configuração do sistema

A água gelada é fornecida a partir de um resfriador central as unidades de água gelada (fan coil) integradas na sala de TI. O sistema de refrigeração se encontra no resfriador de água central.

- As unidades interiores possuem os controles, a serpentina de água gelada, a válvula de controle para a água gelada, os ventiladores, os filtros, os umidificadores e as serpentinas de calor.
- A temperatura da água gelada deve ser o mais alta possível para manter um alto fator de calor sensível (47°F / 8,33°C ou superior).
- A redundância deve se estender aos conjuntos de bombas e à unidade central de resfriamento de água.
- Para que a unidade central funcione todo o ano, deve estar preparada para as atividades durante quaisquer condições climáticas.

#### Custo de propriedade

##### Custos operacionais

Nas salas de TI, os custos de refrigeração por m2 costumam ser dez vezes superiores aos de escritórios ou de conforto. Isto se deve à necessidade de atividade anual ao invés de apenas sazonal e ao forte aumento da densidade de carga térmica. Contudo, os custos operacionais do ar condicionado de precisão são muito inferiores aos do ar condicionado de conforto se ambos os sistemas forem aplicados às salas de TI.

Ao comparar níveis de uso equivalentes, os custos do ar condicionado de precisão são inferiores devido às seguintes causas:

- Sistema sob piso: Um alto fator de calor sensível elimina o excesso de desumidificação e subsequente processo de umidificação.
- Alto fator de eficiência energética (EER): Com as serpentinas superdimensionadas, uma grande circulação de ar, compressores e condensadores para o trabalho, os sistemas estão aptos para oferecer suporte a computadores e obtêm fatores de eficiência energética superiores aos do ar condicionado convencional de conforto.
- Os equipamentos de ar condicionado de precisão são projetados com componentes de alta eficiência para funcionarem durante todo o ano.

Veja as seguintes características:

- Serpentinas superdimensionadas com refrigeração superficial
- Motores dos ventiladores de grande eficiência
- Umidificadores com caixa para vapor
- Um alto fator de calor sensível SHR
- Ciclo de desumidificação dedicado
- Baixo consumo elétrico
- Rolamentos especiais para 200.000 h. tipo L

- Garantias estendidas

### **Custos de manutenção**

Os custos mais elevados provocados pela manutenção ou reparo com frequência se traduzem pelo tempo de inatividade da sala de TI. Por isso, a incorporação da redundância desde o projeto deve ser sempre prioritária. Entretanto, para reduzir ainda mais este risco, podem ser selecionados equipamentos com características que diminuirão drasticamente o tempo de manutenção e reparo.

Veja as seguintes características:

- Componentes de refrigeração de fácil acesso mas sem conexões para evitar vazamentos, compressor e o filtro secador devem ser extraídos com maçarico.
- Concepção de depósitos de drenagem principal e secundária.
- Rapidez na troca da caixa do umidificador.
- Os componentes devem estar fora da corrente de ar, numa seção mecânica independente.
- Plataforma extraível para o ventilador.
- Cabeamento elétrico numerado e com codificação de cor.
- Painéis de acesso totalmente frontal e de fácil extração.
- Visitas de manutenção conforme o tempo de funcionamento.

### **Conclusões**

As salas de TI hospedam equipamentos eletrônicos sensíveis dos mais variados tipos inclusive servidores de alta dissipação térmica, que para um bom funcionamento e ótimo desempenho, necessitam de condições ambientais precisas.

Ao garantir a estabilidade ambiental requerida para estes tipos de componentes eletrônicos, o ar condicionado de precisão ajuda a empresa a evitar onerosas paradas ou quedas de sistemas e falhas de componentes.

**Artigo de autoria de John Niemann, gerente de produtos da Schneider Electric – APC.**

**Revisão e adaptação do engenheiro Carlos P. Illuminati.**

---

*\*LUIS TOSSI é engenheiro eletricista e diretor-geral da Chloride Brasil. Atua na área de condicionamento de energia e aplicações de missão crítica há 23 anos, com larga experiência em produtos, aplicações e tecnologias de ponta.*

*CARLOS P. ILLUMINATI é engenheiro e professor do curso de ar-condicionado e refrigeração da Fundação Educacional Inaciana 'Pe. Sabóia de Medeiros' (FEI). É também gerente desenvolvimento de negócios e marketing de produtos da Schneider Electric – APC.*

**Continua na próxima edição**  
**Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)**  
**Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)**